

20.07.2004

PRIORITY DOCUMENT

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



REC'D - 6 AUG 2004

WIPO

PCT

BEST AVAILABLE COPY

Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 103 30 434.7

Anmeldetag: 4. Juli 2003

Anmelder/Inhaber: JOSTRA AG, 72145 Hirrlingen/DE

Bezeichnung: Zentrifugal-Pumpe

IPC: F 04 D 13/06

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der
ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 13. Juli 2004
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Stanschus

JOSTRA AG
Hechinger Straße 38
72145 Hirrlingen

Zentrifugal-Pumpe

B e s c h r e i b u n g :

Die Erfindung betrifft eine Zentrifugal-Pumpe, insbesondere für Blut in Herzersatz- oder -unterstützungseinrichtungen, mit einem innerhalb eines bis auf mindestens eine Einlass- und mindestens eine Auslassöffnung flüssigkeits- und gasdicht geschlossenen Gehäuses lagerlos und drehbar angeordnetem Pumpenrotor, der gleichzeitig den Rotor eines Antriebsmotors bildet und einen oder mehrere über seinen Umfang gleichmäßig verteilte para- und/oder ferromagnetische Bereiche aufweist.

Eine solche lagerlose Pumpe wird in der EP 0 819 330 B1 beschrieben. Die lagerlose Ausführung des Pumpenrotors dieser bekannten Pumpe bietet insbesondere bei der Förderung solcher empfindlicher Flüssigkeiten wie Blut große Vorteile. Jedes Lager führt zu einer Reibungswärme, die das Blut negativ beeinflusst. Außerdem kann es zu Materialabreibungen am Lager kommen, die das Blut in unzulässiger Weise kontaminieren.

Bei der bekannten Zentrifugal-Blutpumpe wird der Pumpenrotor, der gleichzeitig der Rotor des Antriebsmotors ist, von einem radial außerhalb des Pumpenrotors und des Pumpengehäuses angeordneten Stator angetrieben. Dadurch wird die Position des Rotors in Richtung seiner Rotationsachse durch Reluktanzkräfte passiv stabilisiert. Zur Zentrierung in radialer Richtung weist die bekannte Pumpe gesonderte Statorwicklungen auf, deren Strom derart geregelt wird, dass sich der Rotor wieder zentriert, sofern er sich aus der zentralen Lage herausbewegen sollte, was durch Sensoreinrichtungen detektiert wird.

Diese bekannte Pumpe ist somit konstruktiv und steuerungstechnisch relativ aufwändig, da zur radialen Zentrierung gesonderte Wicklungen am Stator sowie Sensor- und Regeleinrichtungen vorgesehen werden müssen. Außerdem benötigt die bekannte Pumpe in radialer Richtung relativ viel Einbauraum durch den außen liegenden Stator.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine im Durchmesser kleiner bauende Pumpe mit lagerlosem Rotor zu schaffen, bei der der Rotor auf einfache Weise in axialer und radialer Richtung stabilisierbar ist.

Die Aufgabe wird mit einer Zentrifugal-Pumpe der eingangs genannten Art erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass außerhalb des Gehäuses oberhalb und unterhalb des Rotors je ein Stator des Antriebsmotors angeordnet ist, sodass die Statoren im Spalt zwischen sich und dem oder den para- und/oder ferromagnetischen Bereichen des Rotors einen rotierenden magnetischen Fluss erzeugen.

Die radiale Zentrierung des Pumpenrotors geschieht hier rein passiv aufgrund von Reluktanzkräften. Die Pumpe ist durch die beiden Statoren zwar in axialer Richtung etwas höher als die bekannte, oben zitierte Pumpe, doch weist sie einen deutlich

geringeren Durchmesser auf. Insgesamt ist daher die Pumpe mit einem geringeren Volumen als die bekannte Pumpe herstellbar.

Für die Stabilisierung des Rotors in axialer Richtung gibt es prinzipiell zwei Möglichkeiten. Bei der ersten, bevorzugten Variante erfolgt die axiale Stabilisierung des Pumpenrotors hydrodynamisch durch die durch den Rotor geförderte Flüssigkeit. Dazu kann der aufgrund des herrschenden Druckunterschieds zwischen dem radial äußeren Bereich und dem radial inneren Bereich des Pumpengehäuses auftretende, radial einwärts gerichtete Flüssigkeitsstrom zwischen den Rotoroberflächen und dem Gehäuse die hydrodynamischen Kräfte zur axialen Stabilisierung des Rotors erzeugen. Dabei ist es von Vorteil, wenn der Rotor symmetrisch zu seiner Mittelebene ausgebildet ist und eine obere und untere Abdeckung aufweist. Dadurch ergeben sich definierte Strömungsverhältnisse für den von der Peripherie einwärts gerichteten Verlustflüssigkeitsstrom, der zur axialen Stabilisierung des Rotors genutzt werden kann.

Eine besonders wirkungsvolle axiale Stabilisierung des Pumpenrotors kann dann erreicht werden, wenn der Rotor und/oder das Pumpengehäuse derart geformt sind, dass die axialen Abstände zwischen der oberen und unteren Abdeckung des Rotors und der oberen und unteren Gehäusewandung im radial inneren Bereich des Rotors geringer sind als im radial äußeren Bereich. Dadurch entsteht im zentralen Bereich der Abdeckungen eine Drosselwirkung beim Strömen der Flüssigkeit von außen nach innen. Der Drosselspalt bewirkt den größten Teil des Druckverlustes, wodurch im peripheren Bereich der Abdeckungen ein höherer Druck erhalten bleibt und somit eine Kraftkomponente auf die ganze Abdeckung ausgeübt wird, die einer Spaltverengung entgegenwirkt. Diese Kraft ist umso größer, je enger der Spalt im zentralen Bereich der Abdeckung wird. Bewegt sich also der Rotor nach oben, so verengt sich der obere Spalt. Die dadurch bewirkte Krafterhöhung der Flüssigkeit drückt den Rotor dann

wieder nach unten. Umgekehrt drückt die Flüssigkeit den Rotor wieder nach oben, sollte sich dieser aus der Mitte nach unten bewegen. So kommt es automatisch zu einer hydrodynamischen Stabilisierung der axialen Lage des Pumpenrotors.

Die Abstände zwischen der oberen und unteren Rotorabdeckung und den Gehäuseober- und -unterseiten können sich dabei beispielsweise kontinuierlich verringern. Es können vorzugsweise jedoch auch im radial inneren Bereich des Rotors und Gehäuses ringförmige Engstellen zwischen den Rotorabdeckungen und den oberen und unteren Gehäusewandungen ausgebildet sein, die den erhöhten Druckabfall der Flüssigkeit und die gewünschte Kraft-erhöhung bewirken. Je weiter innen die Engstelle liegt, desto mehr Angriffsfläche bietet sich für die Flüssigkeit zur Stabilisierung der axialen Lage des Pumpenrotors.

Die axiale Stabilisierung des Rotors kann jedoch auch durch eine aktive Regeleinrichtung für den Strom durch die Statorwicklungen erfolgen. Dazu kann die Regeleinrichtung vorzugsweise Sensoren zur Erfassung der axialen Position des Rotors im Pumpengehäuse aufweisen.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform kann der Rotor vollständig aus para- und/oder ferromagnetischem Material gefertigt sein. Weitere Vorteile ergeben sich, wenn der oder die para- und/oder ferromagnetischen Bereiche des Rotors permanent magnetisiert sind.

Die erfindungsgemäße Zentrifugal-Pumpe eignet sich insbesondere für den Einsatz als Blutpumpe und dabei zur Implantation in den menschlichen Körper, da sie nur wenig Platz benötigt und absolut wartungsfrei ist.

Die erfindungsgemäße Pumpe kann als Blutpumpe jedoch auch in einem externen Blutkreislauf zur Unterstützung der Herztätigkeit eines Patienten oder im Zusammenhang mit einer Herz-Lungen-Maschine eingesetzt werden.

Des Weiteren kann die Pumpe zur Förderung anderer Flüssigkeiten, insbesondere von aggressiven und gefährlichen Flüssigkeiten oder empfindlichen Flüssigkeiten, bei denen ein Kontakt zur Außenwelt vermieden werden sollte, eingesetzt werden. Die Komponenten der Pumpe, die mit der Flüssigkeit in Kontakt kommen, können mit einer auf die Flüssigkeit abgestimmten Beschichtung versehen sein.

Nachfolgend werden bevorzugte Ausführungsbeispiele erfindungsgemäßer Zentrifugal-Pumpen, insbesondere für den Einsatz als Blutpumpen, anhand der Zeichnung näher beschrieben.

Es zeigen:

- | | |
|--------|--|
| Fig. 1 | einen Querschnitt durch ein erstes Ausführungsbeispiel einer Zentrifugal-Pumpe; |
| Fig. 2 | einen Querschnitt durch ein zweites Ausführungsbeispiel einer Zentrifugal-Pumpe; |
| Fig. 3 | einen Querschnitt durch eine dritte Ausführungsform einer Zentrifugal-Pumpe; |
| Fig. 4 | einen Querschnitt durch eine vierte Ausführungsform einer Zentrifugal-Pumpe. |

Die Zentrifugal-Pumpe 10 aus Fig. 1 weist ein Pumpengehäuse 11 mit einem Einlass 12 und einem tangentialen Auslass 13 für Blut oder eine andere Flüssigkeit auf. Ansonsten ist das Pumpengehäuse 11 flüssigkeits- und gasdicht verschlossen. Im

./.

Inneren des Pumpengehäuses 11 ist ein Pumpenrotor 14 lagerlos und drehbar angeordnet. Mit Hilfe des Pumpenrotors 14 wird das durch die Öffnung 12 einströmende Blut radial nach außen und zum Auslass 13 hin befördert. Dazu weist der Pumpenrotor Förderschaukeln 15 auf. Die Förderschaukeln 15 sind durch eine obere Abdeckung 16 und eine untere Abdeckung 17 nach oben und unten abgedeckt.

Der Pumpenrotor 14 weist mindestens in seinem Umfangsbereich para- und/oder ferromagnetische und vorzugsweise permanent magnetisierte Bereiche auf. Im dargestellten Beispiel ist er jedoch vollständig aus einem para- und/oder ferromagnetischen Material gefertigt. Er bildet damit gleichzeitig den Rotor für einen Antriebsmotor, der neben dem Rotor 14 zwei ringförmige Statoren 18, 19 aufweist, die eine Vielzahl gleichmäßig verteilter, in Richtung des Rotors 14 vorstehender Abschnitte 20, 21 aufweisen, die in einer bevorzugten Ausführungsform jeweils von einer Wicklung 22, 23 umgeben sind. Es sind jedoch auch Wicklungsanordnungen denkbar, bei denen mehrere der axial vorstehenden Abschnitte 20, 21 von einer Wicklung 22, 23 umfaßt werden. Die beiden Statoren 18, 19 sind außerhalb des Gehäuses angeordnet, sodass der Antrieb des Pumpenrotors 14 berührungslos erfolgt. Dadurch entstehen nur minimale Belastungen für das zu fördernde Blut im Gehäuse 11. Der Rotor 14 und das Gehäuse 11 sind vorzugsweise dort, wo sie mit Blut in Kontakt kommen, mit einem blutverträglichen Material überzogen.

Die Statoren 18, 19 erzeugen einen rotierenden Magnetfluss im Zwischenraum zwischen den Bereichen 20, 21 und dem Rotor 14. Gleichzeitig sorgen die beiden Statoren für eine radiale Zentrierung des Rotors 14 im Gehäuse 11. Die radiale Zentrierung erfolgt dabei rein passiv aufgrund von Reluktanzkräften.

Die Stabilisierung des Rotors 14 in Richtung seiner Achse A erfolgt bei der dargestellten Pumpe 10 hydrodynamisch. Der Druck des Blutes im radial außen liegenden Blutführungs-kanal 24 ist höher als im radial inneren Bereich 25 des Gehäuses 11. Dadurch entsteht in einem zwischen den oberen und unteren Abdeckungen 16, 17 des Rotors 14 und den oberen und unteren Gehäusewandungen vorhandenen Freiräumen 26, 27 ein radial einwärts gerichteter Blutfluss, was durch Pfeile 28 angedeutet ist. Diese Blutströme 28 werden dazu genutzt, den Rotor 14 in axialer Richtung in der Mitte des Gehäuses 11 zu halten. Diese eigentlich ja Verlustströme darstellenden Blutströme 28 erfüllen also hier eine gewünschte Funktion zur Ausmittelung des Rotors 14 im Gehäuse 11.

Bei dem in Fig. 1 dargestellten Beispiel sind die Freiräume 26, 27 im radial äußeren Bereich am breitesten und verjüngen sich kontinuierlich radial einwärts. Dadurch entsteht eine zunehmende Drosselwirkung beim Strömen des Blutes in Pfeilrichtung 28. Dies bedeutet, dass im radial äußeren Bereich der Abdeckungen 16, 17 ein höherer Druck erhalten bleibt und somit durch das Blut eine Kraftkomponente auf die ganze Abdeckung 16, 17 ausgeübt wird, die einer Spaltverengung zwischen Rotor 14 und Gehäuse 11 entgegenwirkt.

Das in Fig. 2 dargestellte Beispiel einer Zentrifugal-Pumpe 10' ist ganz ähnlich aufgebaut wie die Zentrifugal-Pumpe 10 aus Fig. 1. Allerdings ist hier der umlaufende Blutführungs-kanal 24' im Gehäuse 11' durch eine Engstelle 29 vom Gehäusebereich, in dem der Rotor 14' gelagert ist, getrennt. Dadurch lässt sich der Verlustblutstrom 28', der radial einwärts, also wieder auf den Bluteinlass 12' hin gerichtet ist, reduzieren.

Die in Fig. 3 gezeigte Zentrifugal-Pumpe 10'' weist wie die Zentrifugal-Pumpe 10' aus Fig. 2 einen umlaufenden Blutführungs-kanal 24'' auf, der durch eine Engstelle 29' vom radial

innen liegenden Bereich des Gehäuses 11" getrennt ist. Sie unterscheidet sich jedoch von der Pumpe 10' dadurch, dass hier der Rotor 14" und das Gehäuse 11" derart aufeinander abgestimmt sind, dass die Freiräume 26", 27" zwischen der oberen und der unteren Abdeckung 16', 17' und der Wandung des Gehäuses 11" im radial äußeren Bereich eine konstante Höhe aufweisen. Eine Drosselwirkung auf das radial einwärts zurückströmende Blut erfolgt hier erst an einer radial weit innen liegenden Engstelle 30 bzw. 31 zwischen dem Rotor 14" und dem Gehäuse 11". Radial außerhalb der Engstellen 30, 31 bleibt der Druck des Blutes beim Ausführungsbeispiel 10" erhalten, sodass eine Kraftkomponente auf den gesamten Rotor 14" durch das Blut über die Abdeckungen 16", 17" ausgeübt wird.

Zusätzlich oder alternativ zu der hydrodynamischen axialen Stabilisierung der Rotoren 14, 14', 14" der Zentrifugal-Pumpen 10, 10', 10'' könnte eine axiale Stabilisierung der Rotoren 14, 14', 14" selbstverständlich auch durch eine entsprechende Regelung des Stromes durch die Wicklungen 22, 23 der beiden Statoren 18, 19 erreicht werden.

Fig. 4 zeigt eine alternative Ausgestaltung der Pumpe 10 aus Fig. 1, wobei die dargestellte Pumpe 110 jetzt zwischen dem Rotor 114 und dem Gehäuse 111 eine radial innen liegende Engstelle 130, 131 aufweist, die durch Ringvorsprünge 132, 133 am Rotor 114 und am Gehäuse 111 gebildet ist. Diese Ringvorsprünge 132, 133 erzeugen nicht nur eine Drosselwirkung auf das rückströmende Blut, sondern unterstützen auch die radiale Zentrierung des Rotors 114, insbesondere beim Anfahren mit Flüssigkeit.

P a t e n t a n s p r ü c h e :

1. Zentrifugal-Pumpe, insbesondere für Blut in Herzersatz- oder -unterstützungseinrichtungen, mit einem innerhalb eines bis auf mindestens eine Einlass- und mindestens eine Auslassöffnung (12, 13) flüssigkeits- und gasdicht geschlossenen Gehäuses (11, 11', 11", 111) lagerlos und drehbar angeordneten Pumpenrotor (14, 14', 14", 114), der gleichzeitig der Rotor eines Antriebsmotors ist und einen oder mehrere über seinen Umfang gleichmäßig verteilte para- und/oder ferromagnetische Bereiche aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass außerhalb des Gehäuses (11, 11', 11", 111) oberhalb und unterhalb des Rotors (14, 14', 14", 114) ein Stator (18, 19) des Antriebsmotors angeordnet ist, sodass die Statoren (18, 19) im Spalt zwischen sich und dem oder den para- und/oder ferromagnetischen Bereichen des Rotors (14, 14', 14", 114) einen rotierenden magnetischen Fluss erzeugen.
2. Zentrifugal-Pumpe nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die radiale Zentrierung des Rotors (14, 14', 14", 114) passiv durch Reluktanzkräfte erfolgt.
3. Zentrifugal-Pumpe nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die axiale Stabilisierung des Rotors (14, 14', 14", 114) hydrodynamisch durch die durch den Rotor (14, 14', 14", 114) geförderte Flüssigkeit erfolgt.

4. Zentrifugal-Pumpe nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der aufgrund des herrschenden Druckunterschieds zwischen dem radial äußeren Bereich (24) und dem radial inneren Bereich (25) des Pumpengehäuses (11, 11', 11", 111) auftretende, radial einwärts gerichtete Flüssigkeitsstrom (28, 28') zwischen den Rotoroberflächen (16, 17, 16", 17") und dem Gehäuse (11, 11', 11", 111) die hydrodynamischen Kräfte zur axialen Stabilisierung des Rotors (14, 14', 14", 114) erzeugt.
5. Zentrifugal-Pumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Rotor (14, 14', 14", 114) symmetrisch zu seiner Mittelebene ausgebildet ist und eine obere und untere Abdeckung (16, 17, 16", 17") aufweist.
6. Zentrifugal-Pumpe nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Rotor (14, 14', 14", 114) und/oder das Pumpengehäuse (11, 11', 11") derart geformt sind, dass die axialen Abstände zwischen der oberen und unteren Abdeckung (16, 17, 16', 17', 16", 17") und der oberen und unteren Gehäusewandung im radial inneren Bereich des Rotors (14, 14', 14", 114) geringer sind als im radial äußeren Bereich.
7. Zentrifugal-Pumpe nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass sich die Abstände zwischen der oberen und unteren Rotorabdeckung (16, 17, 16", 17") und den Gehäuseober- und -unterseiten radial einwärts kontinuierlich verringern.
8. Zentrifugal-Pumpe nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass im radial inneren Bereich des Rotors (14", 114) ringförmige Engstellen (30, 31, 130, 131) zwischen den Rotorabdeckungen (16", 17") und den oberen und unteren Gehäusewandungen ausgebildet sind.

9. Zentrifugalpumpe nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die ringförmigen Engstellen (30, 31, 130, 131) durch ringförmige Vorsprünge oder Stufen (132, 133) am Rotor (14", 114) und/oder am Gehäuse (11", 111) gebildet sind.
10. Zentrifugal-Pumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die axiale Stabilisierung des Rotors (14, 14', 14") durch eine aktive Regeleinrichtung für den Strom durch die Statorwicklungen (22, 23) erfolgt.
11. Zentrifugal-Pumpe nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Regeleinrichtung Sensoren zur Erfassung der axialen Position des Rotors (14, 14', 14") im Pumpengehäuse (11, 11', 11") aufweist.
12. Zentrifugal-Pumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Rotor (14, 14', 14") vollständig aus para- und/oder ferromagnetischen Material gefertigt ist.
13. Zentrifugal-Pumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass der oder die para- und/oder ferromagnetischen Bereiche des Rotors (14, 14', 14") permanent magnetisiert sind.
14. Zentrifugal-Pumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ihre in Flüssigkeitskontakt stehenden Oberflächen mit einer den Flüssigkeitseigenschaften angepassten Beschichtung versehen sind.
15. Zentrifugal-Pumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass sie eine Blutpumpe ist, die in den Körper implantierbar ist.

Z u s a m m e n f a s s u n g :

Eine Zentrifugal-Pumpe, insbesondere für Blut, mit einem innerhalb eines bis auf mindestens eine Einlass- und mindestens eine Auslassöffnung (12, 13) flüssigkeits- und gasdicht geschlossenen Gehäuses (11) lagerlos, drehbar angeordneten Pumpenrotor (14), der gleichzeitig den Rotor eines Antriebsmotors bildet und einen oder mehrere, über seinen Umfang gleichmäßig verteilte para- und/oder ferromagnetische Bereiche aufweist, wobei außerhalb des Gehäuses (11) oberhalb und unterhalb des Rotors (14) je ein Stator (18, 19) des Antriebsmotors angeordnet ist, sodass die Statoren (18, 19) im Spalt zwischen sich und dem oder den para- und/oder ferromagnetischen Bereichen des Rotors (14) einen rotierenden magnetischen Fluss erzeugen. (Fig. 1)

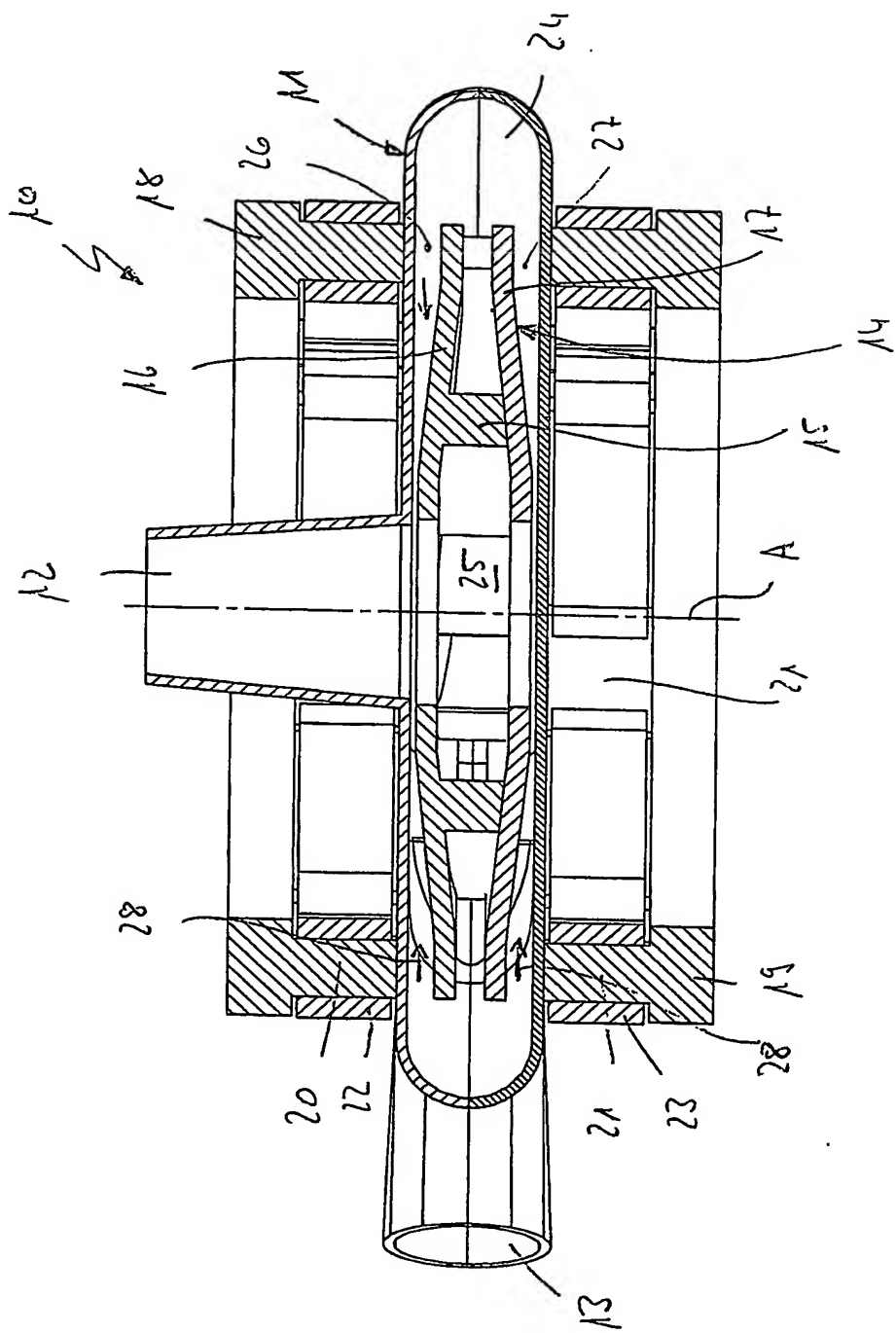


Fig. 1

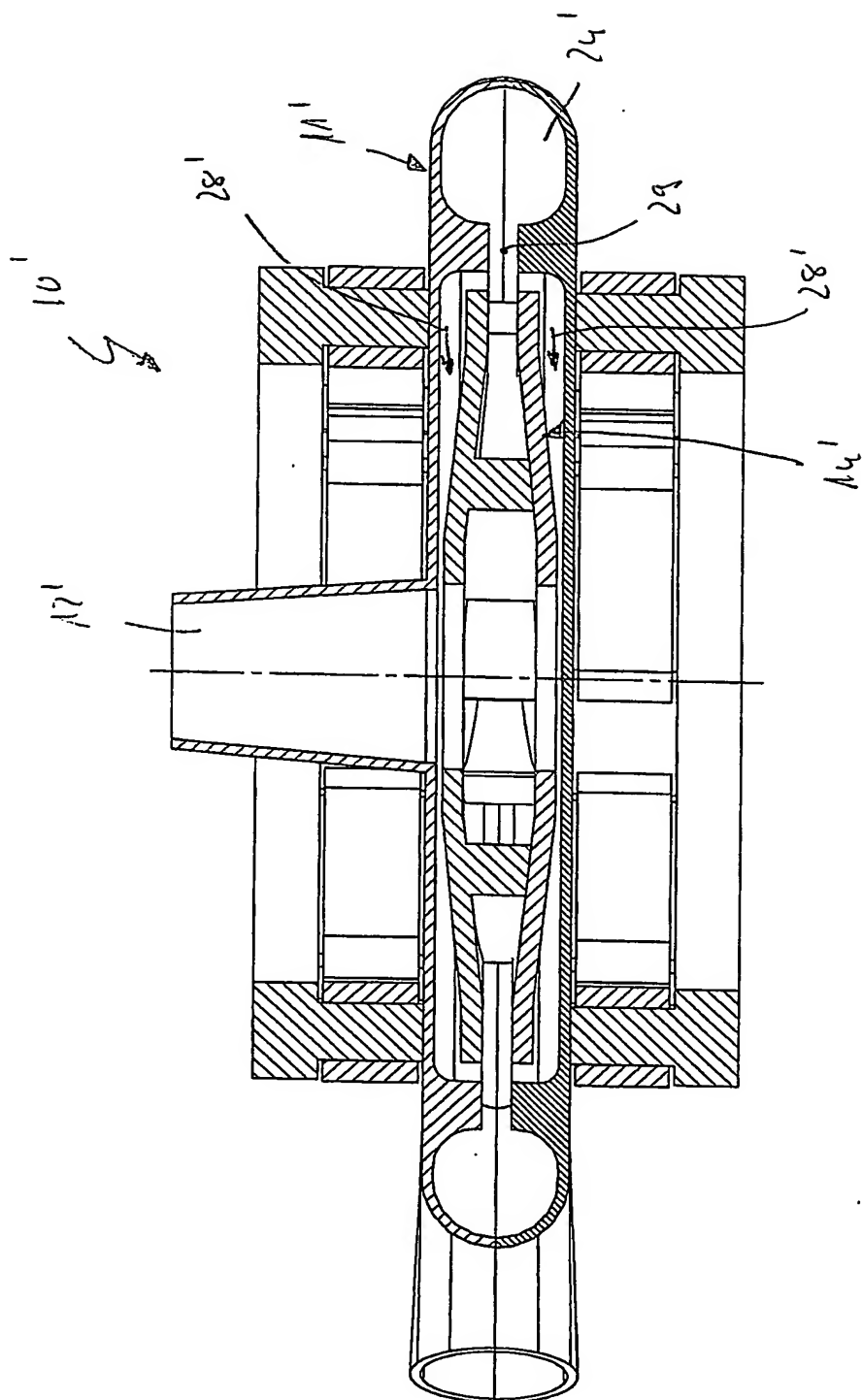
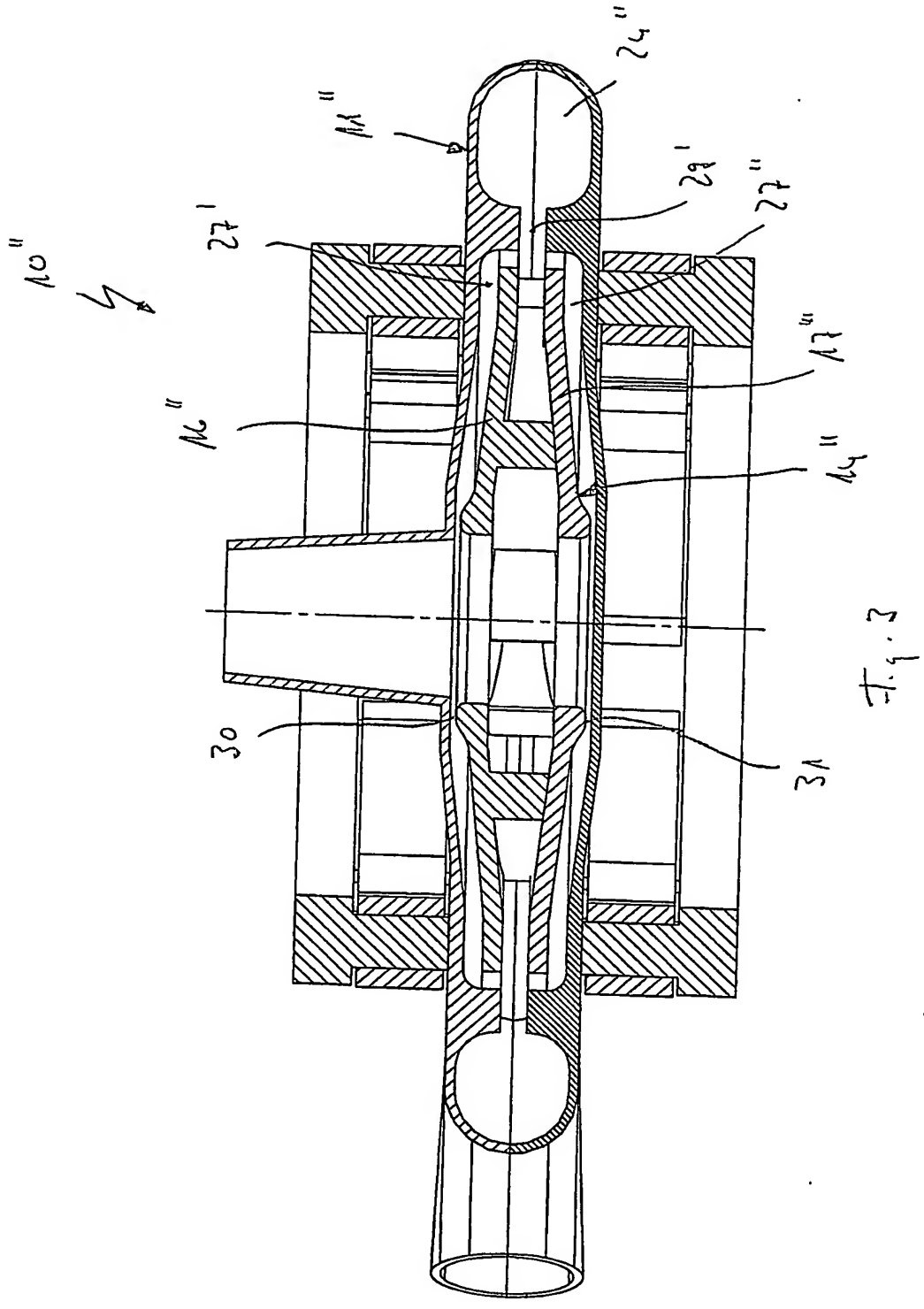


Fig. 2



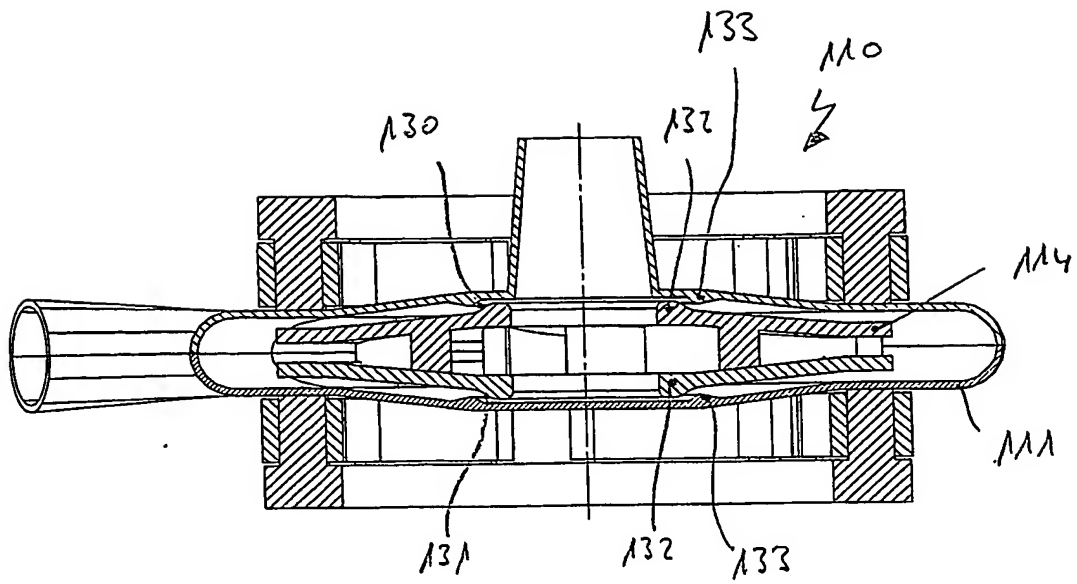


Fig. 4